

## تأثیر ۸ هفته ورزش در آب بر فاکتورهای فیزیولوژیکی منتخب و قند خون بیماران مبتلا به دیابت نوع II

ناصر رحیمی<sup>۱</sup>، دکتر سید محمد مرندی<sup>۲</sup>، دکتر مهدی کارگرفرد<sup>۲</sup>

### خلاصه

**مقدمه:** با وجودی که از دیرباز نقش فعالیت بدنی در کنترل و بهبود دیابت نوع II و افزایش حساسیت انسولین مورد توجه بوده است، ولی انجام فعالیتهای ورزشی در محیطهای آبی با توجه به وضعیت روحی و جسمانی این بیماران کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی تأثیر ۸ هفته ورزش در آب بر روی عوامل فیزیولوژیکی منتخب و قند خون در بیماران مبتلا به دیابت نوع II بود.

**روش‌ها:** در این تحقیق نیمه تجربی، از بین مردان ۵۰ تا ۶۰ ساله مبتلا به دیابت نوع II شهرستان خمینی شهر، تعداد ۳۰ نفر به صورت داوطلبانه و در دسترس انتخاب و در دو گروه مداخله (۱۵ بیمار) و شاهد (۱۵ بیمار) قرار گرفتند. گروه تجربی به مدت ۸ هفته (۳ جلسه در هفته، هر جلسه ۴۵ تا ۶۰ دقیقه با شدت ۸۰-۶۰ درصد حداکثر ضربان قلب) تمرینات ورزشی ویژه در آب انجام دادند، در حالی که گروه شاهد هیچ فعالیت بدنی منظمی نداشتند. در این تحقیق متغیرهای مورد بررسی شامل وزن، شاخص توده‌ی بدنی، حداکثر اکسیژن مصرفی، فشار خون سیستول و دیاستول، قندخون ناشتا و همچنین هموگلوبین گلیکوزیله، قبل و بعد از دوره‌ی تمرینی اندازه‌گیری شد. در نهایت داده‌ها با استفاده از آزمون ANCOVA مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج تحقیق بیانگر تفاوت معنی‌داری بین میانگین حداکثر اکسیژن مصرفی، فشار خون سیستول، دیاستول، قندخون ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله بین دو گروه تجربی و شاهد بود، در حالی که این تفاوت در متغیرهای وزن و شاخص توده‌ی بدنی در گروه معنی‌دار نبود ( $P < 0.05$ ).

**نتیجه‌گیری:** نتایج تحقیق نشان داد که یک دوره‌ی ورزش در آب باعث بهبود معنی‌دار میزان قند خون بیماران مبتلا به دیابت نوع II می‌گردد.

**واژگان کلیدی:** دیابت نوع II، عوامل فیزیولوژیکی منتخب، ورزش در آب، قند خون.

### مقدمه

به ویژه عضلات وجود دارد؛ به طوری که در این بافت‌ها مقاومت به انسولین زیاد می‌باشد. از آن جا که قند نمی‌تواند وارد بافت‌های هدف شود، سطح آن در خون افزایش می‌یابد و همین امر موجب می‌شود تا لوزالمعده تحریک شود و انسولین بیشتری توسط سلول‌های بتا تولید و وارد خون کند که موجبات هیپرگلیسمی یا هیپرانسولینمی را فراهم می‌کند و اغلب با علایمی همچون تکرر ادرار، پرادراری و تغییرات وزن همراه است (۲). بالا بودن قند خون موجب عوارضی از جمله بیماری‌های قلبی-عروقی و

دیابت یک اختلال متابولیکی هتروژن می‌باشد که به وسیله‌ی هیپرگلیسمی به دنبال نقص در ترشح انسولین، مقاومت انسولین و یا هر دو ایجاد می‌گردد. دیابت نوع اول نتیجه‌ی تخریب خود ایمنی سلول‌های بتای پانکراس است که منجر به کمبود انسولین می‌گردد. دیابت نوع II به وسیله‌ی مقاومت به انسولین و کاهش میزان انسولین خون به طور نسبی و نه مطلق مشخص می‌گردد (۱). در دیابت نوع II، مشکل اصلی کمبود انسولین نیست بلکه مشکل در بافت‌های هدف

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده‌ی تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

<sup>۲</sup> دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده‌ی تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

در سال ۲۰۰۲ تمرینات هوازی با شدت ۶۰ تا ۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی را سه تا چهار جلسه در هفته و به مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه را توصیه کرد (۸). فعالیت بدنی، میزان متابولیسم پایه را افزایش می‌دهد، گردش خون را در سراسر بدن بهبود می‌بخشد و با ترشح اندورفین، خلق و خو را بهبود بخشیده، بیماری‌های کرونری قلب و عروق محیطی، عوارض چشمی و کلیوی که از عوارض دیابت است، را کاهش می‌دهد (۹-۱۰). کاهش ۱ درصد در هموگلوبین گلیکوزیله، حدود ۲۱ درصد خطر مرگ، ۱۴ درصد خطر انفارکتوس میوکارد و ۳۷ درصد خطر عوارض میکروواسکولار را در دیابتی‌ها کاهش می‌دهد (۱۱). با وجود ارزش‌های شناخته شده‌ی تمرینات ورزشی هوازی، محدودیت‌هایی نیز در انجام آن‌ها وجود دارد. برخی افراد این تمرینات را یکنواخت و خسته کننده می‌دانند (۱۲). بسیاری از این افراد چاق بوده و انجام تمرینات هوازی در خشکی برای آن‌ها مشکل است، به طوری که در یک مطالعه تنها ۲۸ درصد از افراد دیابتی نوع II شرکت کننده، توانستند به توصیه‌های ورزشی عمل کنند (۱۳). بیشتر مطالعات به اثر مثبت تمرین بدنی بر سلامت عمومی و دیابت نوع II اشاره دارند. ولی شکاف‌های عمیق در تعامل بیماری دیابت نوع II و تمرین بدنی وجود دارد. این شکاف‌ها به شناسایی نوع برنامه‌ی تمرینات متنوع ورزشی که آزمودنی‌ها به آن پایبند خواهند بود، برمی‌گردد (۱۴).

با توجه به تحقیقات اندک موجود در بررسی اثرات تمرینات در آب بر روی فاکتورهای فیزیولوژیکی، قند خون ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله در بیماران مبتلا به دیابت و اثرات روانی و جسمانی مثبت تمرینات متنوع در آب بر روی این بیماران، در این تحقیق تأثیر ۸ هفته

صدماتی به چشم‌ها و کلیه‌ها می‌گردد. افزایش انسولین به همراه اختلالات لیپیدها و فشار خون بالا، زمینه‌ی ابتلا به تصلب شرایین را مهیا می‌کند (۳). دنیا در حال حاضر با یک همه‌گیری رو به افزایش دیابت رو به روست. در حال حاضر بیش از ۲۱ میلیون آمریکایی مبتلا به دیابت نوع II هستند و میزان مرگ و میر ناشی از دیابت و عوارض آن از سال ۱۹۸۷ تاکنون، ۴۵ درصد افزایش داشته است (۴). بر مبنای پیش‌بینی کارشناسان، میزان شیوع دیابت در ایران در سال‌های ۱۹۹۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۲۵ به ترتیب ۵/۵، ۵/۷ و ۶/۸ درصد بر آورد شده است. بر اساس مطالعات انجام شده در ایران در سال ۱۳۸۰، شیوع دیابت نوع II در جمعیت بالای ۲۰ سال ۴/۶۷ درصد گزارش گردید (۵).

نتایج تحقیقات نشان داده‌اند که در بیماران دیابتی نوع II که مشکل حساسیت به انسولین دارند، انقباضات مکرر عضلانی موجب می‌شود، در غیاب انسولین ورود قند به داخل سلول‌های عضلانی و در نتیجه مصرف آن تسهیل گردد. همچنین فعالیت‌های ورزشی، سطوح پروتئین‌های ناقل (GLUT4 یا Glucose transporter-4) را افزایش داده، باعث کاهش مقاومت انسولین می‌گردد (۶). زمان زیادی است که تأثیر فعالیت‌های ورزشی در درمان دیابت نوع II شناخته شده است. یک فعالیت ورزشی منظم می‌تواند سهم عمده‌ای در کاهش عوارض دیابت مانند چاقی، هیپرتانسیون، هیپرلیپدیمی و هیپرانسولینمی و افزایش حساسیت به انسولین در بافت هدف داشته باشد. تمرینات هوازی می‌تواند سبب کاهش مقاومت انسولین، افزایش حساسیت انسولین و از طرفی کاهش هموگلوبین گلیکوزیله (Glycosylate hemoglobin) گردد (۷). انجمن دیابت آمریکا (American diabetes association)

تمرینات در آب را به مدت ۸ هفته (۳ جلسه در هفته، هر جلسه ۴۵ تا ۶۰ دقیقه با شدت ۶۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه) زیر نظر مربی انجام دادند. در شروع هر جلسه ی تمرین، بیماران به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه با راه رفتن در آب و سپس حرکات کششی گرم نموده، پس از آن، تمرینات اصلی که شامل راه رفتن گروهی در یک مسیر مستقیم در آب، راه رفتن گروهی حول یک مربع فرضی، انتقال وزن از پاشنه به پنجه، راه رفتن به پهلو راست و چپ با ابداکشن و اداکشن ران، خم و راست کردن پاها از ناحیه ی زانو در زاویه ی ۹۰ درجه حین حرکت، درگیر کردن دست‌ها و حرکات دست‌ها در سطح آب، قرار گرفتن در لبه ی استخر و حرکت دادن اندام‌های تحتانی و راه رفتن در عرض استخر بدون استراحت در زمان مشخص بود، انجام گرفت. در نهایت پس از پایان هر جلسه ی تمرینی به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه بیماران به سرد کردن پرداختند (۱۵). شدت تمرین با کنترل ضربان قلب بیماران در فعالیت توسط ضربان سنج Polar کنترل شد.

پس از اتمام دوره ی ۸ هفته‌ای تمرینات، پس آزمون به عمل آمد، تا نتایج حاصل از تمرینات هوازی بر روی عوامل فیزیولوژیکی منتخب،  $HbA1c$ ،  $FBS$ ،  $BMI$ ،  $VO_2max$  و فشارخون سیستولی و دیاستولی در افراد گروه مداخله و گروه شاهد تعیین و با یکدیگر مقایسه شد.

برای اندازه گیری عوامل آزمایشگاهی پژوهش، از بیمارانی که به مدت ۸ تا ۱۲ ساعت ناشتا بودند، ۱۰ سی‌سی نمونه‌ی خون وریدی گرفته شد. برای اندازه گیری  $FBS$  از روش آنزیمی - کالری متری استفاده شد. در این روش با به کارگیری آنزیم گلوکز اکسیداز ( $Glucose\ oxidase$ ) و با استفاده از کیت شرکت

تمرینات هوازی در آب بر وزن، شاخص توده‌ی بدنی ( $Body\ mass\ index$  یا  $BMI$ )، فشار خون سیستول و دیاستول، قند خون ناشتا ( $Fasting\ blood\ sugar$ ) یا  $FBS$ ، هموگلوبین گلیکوزیله ( $Glycated\ hemoglobin$ ) یا  $HbA1c$  و حداکثر اکسیژن مصرفی ( $VO_2max$ ) یا  $Maximum\ consuming\ oxygen$  در بیماران مبتلا به دیابت نوع II را بررسی نماییم.

## روش‌ها

این تحقیق از نوع نیمه تجربی با طرح دو گروهی بود که از اردیبهشت تا بهمن ۱۳۸۹ در اصفهان انجام شد. جامعه ی آماری این مطالعه مردان مبتلا به دیابت نوع II بودند که از بین آن‌ها تعداد ۳۰ نفر از بیمارانی که داوطلب همکاری با طرح بودند و شرایط ورود به مطالعه را داشتند به روش در دسترس، پس از انجام مصاحبه ی حضوری به روش نمونه گیری هدفمند انتخاب شدند. جنسیت مرد، ابتلا به بیماری دیابت نوع II طبق تشخیص پزشک و مدارک پزشکی، سن ۵۰ تا ۶۰ سال، عدم ابتلای به بیماری‌های قلبی - عروقی، عدم انجام فعالیت منظم بدنی، عدم استفاده از انسولین و نداشتن عوارض دیابت، از جمله زخم پای دیابتی معیارهای ورود به مطالعه بودند. قبل از دریافت رضایت‌نامه از آزمودنی‌ها، اطلاعات لازم در خصوص ماهیت، نحوه ی اجرای تحقیق، خطرات احتمالی، و نکاتی که می بایست شرکت کنندگان در این تحقیق رعایت کنند، در اختیار آنان قرار گرفت. پس از تکمیل رضایت‌نامه، آزمودنی‌ها جهت انجام آزمایش قند خون ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله به آزمایشگاه معرفی شدند. سپس به صورت تصادفی در دو گروه مداخله (۱۵ نفر) و شاهد (۱۵ نفر) قرار گرفتند. گروه تجربی،

توصیفی از شاخص‌های گرایش مرکزی و پراکندگی نظیر میانگین و انحراف استاندارد او در سطح تحلیلی به منظور بررسی تأثیر ورزش در آب و بررسی تفاوت در تغییرات حاصله از آزمون ANCOVA استفاده شد. کلیه محاسبات با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۹ (version 19, SPSS Inc., Chicago, IL) انجام گرفت.

### یافته‌ها

در مجموع ۳۰ بیمار در دو گروه مداخله و شاهد وارد مطالعه شدند. از این تعداد ۱۰ نفر (از هر گروه ۵ نفر) پژوهش را ترک نمودند و تعداد ۲۰ نفر در دو گروه تا پایان ۸ هفته با پژوهش همکاری کردند. میانگین سنی افراد گروه مداخله  $37/62 \pm 54/6$  و گروه شاهد  $37/37 \pm 56/66$  سال بود. میانگین وزن افراد گروه مداخله و شاهد به ترتیب  $5/31 \pm 77$  و  $5/51 \pm 75/70$  کیلوگرم بود. جدول ۱ مقایسه‌ی عوامل مورد بررسی در مطالعه را قبل و بعد از مداخله در دو گروه مداخله و شاهد نشان داده است.

پارس آزمان، به وسیله‌ی دستگاه اتوانالایزر بیوشیمی (Bio chemistry auto analyser) اندازه‌گیری شد.

HbA1c به روش توریدومتری (Immuno turbid metric assay) با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمان و به وسیله‌ی دستگاه اتوانالایزر بیوشیمی نسخه‌ی  $\alpha$  Classic اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری قد و وزن از قدسنج دیواری با دقت یک سانتی‌متر و ترازوی آزمایشگاهی Seca ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۱ کیلوگرم اندازه‌گیری شد. سپس BMI از تقسیم وزن بر مجذور قد محاسبه گردید.

فشار خون سیستول و دیاستول در وضعیت نشسته از بازوی راست بعد از ۱۵ دقیقه استراحت با یک دستگاه فشارسنج جیوه‌ای استاندارد اندازه‌گیری و میانگین دو بار اندازه‌گیری، به فاصله‌ی ۵ دقیقه استراحت، به عنوان فشار خون ثبت شد.

VO<sub>2</sub>max با توجه به شرایط جسمانی بیماران با استفاده از آزمون یک مایل راه رفتن محاسبه گردید (۱۶).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های تحقیق حاضر در دو سطح توصیفی و استنباطی صورت گرفت. در سطح

جدول ۱. مقایسه‌ی میانگین شاخص‌های مورد مطالعه در گروه‌های مداخله و شاهد قبل و بعد از انجام مداخله.

مقدار P	گروه شاهد		گروه تجربی		گروه‌ها متغیر
	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	
۰/۱۱	۷۵/۷۰ ± ۵/۵۱	۷۵ ± ۵/۳۶	۷۷ ± ۵/۳۱	۷۷/۵۰ ± ۵/۳۵	وزن (کیلوگرم)
۰/۰۹	۲۶/۸۷ ± ۱/۱۵	۲۶/۶۳ ± ۱/۲۵	۲۶/۵۹ ± ۱/۷۴	۲۶/۷۶ ± ۱/۶۵	BMI (کیلوگرم بر متر مربع)
۰/۰۰۰	۲۹/۸۲ ± ۶/۴۹	۳۰/۶۷ ± ۶/۸۹	۳۵ ± ۴/۰۰	۳۰/۹۹ ± ۷/۲۳	VO <sub>2</sub> max (میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه)
۰/۰۰۰	۱۳۳ ± ۸/۲۳	۱۳۰ ± ۶/۶۶	۱۱۷ ± ۴/۸۳	۱۳۳ ± ۸/۲۳	فشار خون سیستول (میلی‌متر جیوه)
۰/۰۳	۸۴ ± ۵/۱۶	۸۵ ± ۷/۰۷	۸۰ ± ۰/۰۰	۸۴ ± ۵/۱۶	فشار خون دیاستول (میلی‌متر جیوه)
۰/۰۰۰	۸/۸۷ ± ۲/۳۹	۸/۴ ± ۲/۵۰	۷/۸۳ ± ۲/۲۱	۸/۱۷ ± ۲/۳۲	HbA1c (درصد)
۰/۰۰۱	۱۸۰/۹۰ ± ۲۰/۴۸	۱۷۲/۷۰ ± ۲۰/۷۴	۱۶۴/۸۰ ± ۶۸/۱۲	۱۸۹/۴۰ ± ۶۶/۶۴	FBS (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)

BMI: Body mass index VO<sub>2</sub>max: Maximum consuming oxygen HbA1c: Glycated hemoglobin FBS: Fasting blood sugar

پیشنهاد می‌کنند (۲۲). به نظر می‌رسد جهت کاهش وزن و تغییرات معنی‌دار BMI مدت زمان تمرین بیش از هشت هفته به همراه کنترل برنامه‌ی غذایی مورد نیاز می‌باشد. بخشی از تفاوت موجود در اجرای فعالیت‌های ورزشی بین زنان و مردان را نیز می‌توان توسط درصد چربی بیشتر زنان نسبت به وزن آن‌ها توجیه کرد. میانگین چربی مردان ۱۵ الی ۱۷ درصد و زنان حدود ۲۵ درصد وزن آن‌ها می‌باشد. بنابراین زنان جهت جابه‌جا کردن چربی، نیاز به مصرف بیشتر انرژی دارند. هنگام اجرای فعالیت‌های ورزشی، زنان ۵ تا ۶ کیلوگرم بیش از مردان هم وزن خود بافت چربی حمل می‌کنند که می‌تواند باعث مصرف بیشتر انرژی در زنان گردد (۲۳).

ورزش در آب بر روی اکسیژن مصرفی بیشینه، فشار خون سیستول و دیاستول اثر معنی‌دار و مثبتی دارد. یکی از اهداف این پژوهش بررسی اثر تمرینات در آب بر روی  $VO_2max$  در بیماران مبتلا به دیابت نوع II بود. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های Cauza و همکاران (۱۹)، و پژوهش‌های Boule و همکاران همسو بود (۲۴). در این مطالعات نیز تغییرات معنی‌داری در  $VO_2max$  گزارش گردیده است. به نظر می‌رسد که سازگاری‌های مرکزی و پیرامونی از جمله مهم‌ترین عوامل افزایش  $VO_2max$  می‌باشند. انجام فعالیت‌های ورزشی باعث افزایش حجم پلاسما می‌شود که این افزایش، بازگشت وریدی به قلب و پیش بار بطنی را به همراه داشته و در نتیجه حجم ضربه‌ای به ازای شدت فعالیت ورزشی معین افزایش می‌یابد (۲۴). افزایش حجم ضربه‌ای در یک ضربان قلب مشابه، برون ده را افزایش داده، جریان خون عضلات اسکلتی افزایش و اکسیژن بافت عضلانی به میزانی بیش از قبل فراهم می‌شود. در

چنانچه یافته‌های جدول ۱ نشان می‌دهد، بین میانگین فشار خون سیستول، فشار خون دیاستول، HbA1c، FBS و اکسیژن مصرفی بیشینه در گروه‌های مداخله و شاهد پس از هشت هفته ورزش در آب تفاوت معنی‌داری وجود داشت، ولی تغییرات در وزن و BMI معنی‌دار بین دو گروه معنی‌دار نبود ( $P < 0/05$ ).

## بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که انجام ۸ هفته ورزش در آب اثر معنی‌داری بر وزن و BMI نداشت. نتایج تحقیق با نتایج پژوهش Tokmakidis و همکاران (۱۷)، Misra و همکاران (۱۸)، Cauza و همکاران (۱۹) و واشقانی فرهانی و همکاران (۲۰) همراستا بود. در این پژوهش‌ها نیز تغییرات BMI معنی‌داری گزارش نشده بود. ولی با نتایج حاصل از تحقیقات Dunstan و همکاران (۲۱)، Cuff و همکاران (۲۲) متفاوت بود. اختلاف موجود بین این پژوهش‌ها و پژوهش حاضر را می‌توان به اختلاف بین شدت و مدت برنامه‌های تمرینی و همچنین اختلاف بین سن و جنسیت نمونه‌های پژوهشی، محیط تمرین (خشکی و آب) و کنترل برنامه‌ی غذایی دریافتی نسبت داد. پروتکل تمرینی پژوهش Dunstan و همکاران، برنامه‌ی شدید مقاومتی پیش‌رونده و ترکیب آن با کاهش وزن و دریافت برنامه‌ی غذایی کنترل شده بود. عدم انجام فعالیت بدنی و مصرف غذاهای چرب و پر کالری سبب افزایش وزن می‌گردد (۲۱). اکثر محققین و متخصصین تغذیه انجام فعالیت‌های ورزشی هوازی، مداوم، مستمر و طولانی مدت را به منظور مصرف چربی‌ها به عنوان منبع تولید انرژی و استفاده از رژیم‌های غذایی کم چرب (کمتر از ۳۰ درصد) را جهت کاهش وزن

نمی‌گردد بلکه کاهش HbA1c، مکمل عوامل فیزیولوژیکی محیطی و مرکزی جهت افزایش VO<sub>2</sub>max می‌باشد (۲۶-۲۷).

یکی از اهداف این پژوهش، بررسی اثر تمرینات در آب بر روی فشار خون سیستول و دیاستول در بیماران مبتلا به دیابت نوع II بود. چون اغلب افراد دیابتی دچار اضافه وزن و فشار خون بالا می‌باشند، لذا تمرینات ورزشی در راستای کاهش فشار خون می‌تواند مفید و مؤثر باشد (۲۸). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که انجام ۸ هفته ورزش در آب اثر معنی‌داری بر کاهش فشار خون سیستول و دیاستول دارد. نتایج این پژوهش در زمینه‌ی فشار خون سیستول با نتایج Yang و همکاران (۴)، Cauza و همکاران (۱۹)، واشقانی و فرهانی و همکاران (۲۰)، Dunstan و همکاران (۲۱) و Tanaka و همکاران (۲۹) هم‌راستا بود. ولی با نتایج مطالعه‌ی Bweir و همکاران متفاوت بود (۲۷). در خصوص فشار خون دیاستول با نتایج Dunstan و همکاران (۲۱)، Yang و همکاران (۴) هم‌راستا بود، ولی با نتایج Tanaka و همکاران تفاوت داشت (۲۹). اختلاف موجود بین نتایج پژوهش‌های مختلف را می‌توان به اختلاف بین شدت و مدت برنامه‌های تمرینی و همچنین اختلاف بین سن و جنسیت نمونه‌های پژوهشی و محیط تمرین (خشکی و آب) نسبت داد.

یکی از علل مرگ و میر در بیماران دیابتی، عوارض قلبی - عروقی است که با افزایش فشار خون افزایش می‌یابد. مطالعاتی درباره‌ی اثرات مفید کاهش فشار خون در افراد مبتلا به فشار خون بالا انجام شده است. Adler و همکاران گزارش کردند با کاهش ۱۰ میلی‌متر فشار خون سیستولی، ۱۹ درصد از مرگ و میر بیماران

نتیجه VO<sub>2</sub>max افزایش می‌یابد (۲۵). از طرفی جدا از ساز و کارهای مرکزی، برخی از سازگاری‌های محیطی نیز باعث افزایش VO<sub>2</sub>max می‌گردد. انجام فعالیت‌های ورزشی باعث افزایش آنزیم‌های منتخب میتوکندریایی و چگالی مویرگی می‌گردد و در نتیجه توزیع جریان خون درون عضله بهبود یافته و مدت زمانی که خون در معرض تارهای عضلانی فعال قرار می‌گیرد، بیشتر می‌شود و بنابراین اکسیژن برداشتی پس از تمرین افزایش می‌یابد (۲۶).

نکته‌ی قابل توجه دیگر وضعیت هموگلوبین خون بیماران دیابتی می‌باشد. اکسیژن توسط پلاسما و هموگلوبین موجود در گلبول قرمز خون حمل می‌گردد. در افراد دیابتی که میزان قند پلاسما بالا می‌باشد، این قند به راحتی وارد گلبول قرمز خواهد شد و در طول یک واکنش غیر آنزیمی، غیر قابل برگشت و متناسب با غلظت گلوکز سرم، در ۱۲۰ روز عمر گلبول قرمز به هموگلوبین متصل می‌شود. این گلیگوزیلاسیون هموگلوبین باعث افزایش میل ترکیبی آن به اکسیژن می‌شود؛ به طوری که میل ترکیبی آن به اکسیژن ۱۰ برابر هموگلوبین طبیعی می‌شود. در نتیجه با افزایش هموگلوبین گلیگوزیله، بیمار دچار یک حالت هیپوکسی مزمن خواهد شد، که به یک پلی‌سیستمی جبرانی در افراد دیابتی منجر می‌شود. و در نهایت باعث افزایش فشار خون سیستولیک می‌گردد. لذا به نظر می‌رسد انجام فعالیت‌های ورزشی با افزایش مصرف قند توسط سلول‌های عضلانی و کاهش مقاومت انسولین، میزان قند خون و HbA1c را کاهش داده، باعث افزایش حمل اکسیژن توسط هموگلوبین می‌گردد که در نهایت سبب افزایش اکسیژن مصرفی می‌شود. البته محققین معتقدند کاهش HbA1c باعث افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی

ضربان قلب در زمان استراحت و فعالیت، باعث کاهش فشار خون گردد (۳۳-۳۴).

یکی از مشکلات عمده ی بیماران دیابتی مقاومت انسولینی می باشد. این عارضه به علت کاهش توانایی انسولین جهت ایجاد اثرات خود در بافت های هدف محیطی (به ویژه عضلات و کبد) ایجاد می گردد. اگر بیمار چاق باشد، کاهش در تعداد محل اتصال و فعالیت گیرنده های کیناز انسولینی از عوامل ایجاد این مقاومت می باشد. بنابراین سلول های بتای لوزالمعده به ناچار مقدار بیشتری انسولین ترشح می کنند. افزایش میزان ترشح انسولین و باقی ماندن زمان زیاد در جریان خون، خود از عوامل اصلی فشار خون می باشد. لذا فعالیت های ورزشی با افزایش حساسیت بافت هدف به انسولین، از طریق افزایش تعداد انتقال دهنده ها و کاهش قند خون، از ترشح بیش از اندازه ی انسولین و همچنین باقی ماندن مدت زمان زیاد انسولین در جریان خون جلوگیری کرده، باعث کاهش فشار خون می گردند (۳۴، ۲).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد ۸ هفته ورزش در آب اثر معنی داری بر کاهش HbA1c دارد. نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات Lambers و همکاران (۲)، Tokmakidis و همکاران (۱۷)، Cauza و همکاران (۱۹)، Andreazzi و همکاران (۳۴)، Mahmoud و همکاران (۳۵) و هاشمی و همکاران (۳۶) همسو بود. ولی با نتایج پژوهش Cuff و همکاران همسو نبود (۲۲). اختلاف موجود بین نتایج پژوهش های مختلف را می توان به اختلاف بین شدت و مدت برنامه های تمرینی و همچنین اختلاف بین سن و جنسیت نمونه های پژوهشی و محیط تمرین (خشکی و آب) نسبت داد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد ۸ هفته ورزش در

دیابتی ناشی از عوارض قلبی - عروقی کاسته شد (۳۰). در مطالعه ی Hypertation optimal treatment کاهش فشار خون دیاستولی به کمتر از ۸۰ میلی متر جیوه در بیماران دیابتی مبتلا به فشار خون، موجب کاهش ۵۱ درصدی عوارض قلبی - عروقی در مقایسه ی با بیمارانی شد که فشار خون دیاستولی آن ها کمتر از ۹۰ میلی متر جیوه بود. در بررسی دیگری که کنترل شدید فشار خون را با کنترل معمولی مقایسه کردند، ۳۴ درصد کاهش عوارض میکروواسکولار و ۴۴ درصد کاهش سکته ی مغزی را با کنترل شدید فشار خون گزارش نمودند (۳۱). تأثیر کاهش وزن بر کاهش فشار خون و بهبود آن نیز گزارش شده است. در مطالعه ی Schotte و Stunkard با کاهش یک کیلوگرم وزن، فشار خون یک میلی متر جیوه کاهش داشت (۳۲). با توجه به اهمیت کنترل فشار خون، به نظر می رسد انجام فعالیت های ورزشی با شدت مناسب، راهکاری خوب جهت کنترل و کاهش فشار خون می باشد.

ساز و کار دقیق چگونگی تأثیر تمرین بر روی کاهش فشار خون ناشناخته است. اگر چه ممکن است این موضوع به دلیل کاهش کاتکولامین های تولید شده بر اثر تمرین باشد. این واکنش در کاهش مقاومت محیطی در برابر جریان خون و متعاقب آن کم شدن فشار خون سهیم است. همچنین فعالیت های ورزشی می تواند دفع سدیم از کلیه ها را تسهیل کند و در نتیجه سبب کاهش حجم مایع و فشار خون شود (۳۳). به نظر می رسد فعالیت های ورزشی می تواند با افزایش تعداد مویرگ ها در عضلات اسکلتی فعال، افزایش برون ده، کاهش مقاومت عروق به علت اتساع پذیری، کاهش مقاومت در برابر جریان خون، بهبود تنظیم عصبی عروق خونی، کاهش مقاومت محیطی، کاهش

در سطح پایین قرار دارد. تحقیقات نشان می دهد که سطوح GLUT4 جوانان ورزشکار از افراد غیر فعال بیشتر می باشد. حدود ۸۰ درصد بیماران دیابتی نوع II چاق بودند و چاقی به عنوان عامل اصلی پیدایش مقاومت در برابر انسولین محسوب می گردد. از طرفی، اسیدهای چرب تولید شده از بافت چربی با تجمع در سلول های عضلانی، انتقال GLUT4 به سطح سلول را مختل می کنند (۳۹). ممکن است ورزش با افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب، از تجمع آنها در سلول های عضلانی جلوگیری می کند. افزایش دانسیته ی مویرگی، افزایش حساسیت گیرنده های انسولین، تغییر در ترکیب فسفولیپید سارکولما، افزایش فعالیت آنزیم های اکسیداتیو و افزایش فعالیت گلیکوژن سنتتاز نیز از جمله عوامل مهم کاهش قند خون می باشد (۴۰).

### نتیجه گیری

به طور کلی هشت هفته تمرین در آب بر روی عوامل فیزیولوژیکی منتخب مانند فشار خون سیستول و دیاستول و حداکثر اکسیژن مصرفی، FBS و HbA1c در بیماران مبتلا به دیابت نوع II اثرگذار می باشد.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری و مساعدت آقای دکتر آجدانی و آقای دکتر حداد که در اجرای این تحقیق همکاری و مساعدت فراوانی داشتند، صمیمانه تقدیر و تشکر می گردد.

آب اثر معنی داری بر کاهش FBS دارد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج پژوهش Misra و همکاران (۱۸)، Cauza و همکاران (۱۹)، Shenoy و همکاران (۴۰) مشابه بود. ولی با پژوهش Dunstan و همکاران همراستا نبود (۲۱). اختلاف موجود بین نتایج پژوهش های مختلف ممکن است به علت اختلاف بین شدت و مدت برنامه های تمرینی و همچنین اختلاف بین سن و جنسیت نمونه های پژوهشی باشد.

یکی از مکانیزم های احتمالی که نقش فعالیت های ورزشی در کنترل و کاهش قند خون (HbA1c و FBS) در دیابت نوع II را توضیح می دهد، افزایش تعداد GLUT4 و در نتیجه افزایش ورود قند به داخل سلول های عضلانی و مصرف قندها می باشد (۳۷). عضلات در دو وضعیت، یکی هنگام انجام فعالیت بدنی بدون حضور انسولین و دیگری ۲ تا ۳ ساعت بعد از صرف غذا با حضور انسولین، مقدار زیادی گلوکز مصرف می کنند. انقباضات مکرر عضلات هنگام انجام فعالیت های ورزشی یک اثر شبه انسولینی دارد و مقدار زیادی گلوکز به داخل سلول می فرستد تا صرف تولید انرژی گردد. این انقباضات مکرر باعث افزایش تعداد GLUT4 و افزایش نفوذپذیری غشا به گلوکز می گردد. همچنین به تارهای عضلانی هنگام فعالیت اجازه می دهد تا برای یک دوره ی به نسبت طولانی غلظت گلیکوژنی پایینی داشته باشند (۳۸). از طرفی با اتمام فعالیت ورزشی نیز سلول های عضلانی در صدد بازسازی ذخایر گلیکوژنی خود بر می آیند و به همین دلیل بعد از فعالیت، غلظت گلوکز خون تا چند ساعت

### References

1. American Diabetes Association: clinical practice recommendations 1999. Diabetes Care 1999; 22(Suppl 1): S1-114.
2. Lambers S, Van Laethem C, Van Acker K, Calders P. Influence of combined exercise training on indices of obesity, diabetes and



- cardiovascular risk in type 2 diabetes patients. *Clin Rehabil* 2008; 22(6): 483-92.
3. Grundy SM, Benjamin IJ, Burke GL, Chait A, Eckel RH, Howard BV, et al. Diabetes and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation* 1999; 100(10): 1134-46.
  4. Yang K, Bernardo LM, Sereika SM, Conroy MB, Balk J, Burke LE. Utilization of 3-month Yoga Program for Adults at High Risk for Type 2 Diabetes: A Pilot Study. *Evid Based Complement Alternat Med* 2009.
  5. Larijani B, Abolhasani F, Mohajeri-Tehrani MR, Tabtabaie O. Prevalence of Diabetes Mellitus in Iran in 2000. *Iranian Journal of Diabetes and Lipid Disorders* 2005; 4(3): 75-83.
  6. Kim HJ, Lee JS, Kim CK. Effect of exercise training on muscle glucose transporter 4 protein and intramuscular lipid content in elderly men with impaired glucose tolerance. *Eur J Appl Physiol* 2004; 93(3): 353-8.
  7. Gordon LA, Morrison EY, McGrowder DA, Young R, Fraser YT, Zamora EM, et al. Effect of exercise therapy on lipid profile and oxidative stress indicators in patients with type 2 diabetes. *BMC Complement Altern Med* 2008; 8: 21.
  8. Peirce NS. Diabetes and exercise. *Br J Sports Med* 1999; 33(3): 161-72.
  9. Carey VI, Walters EE, Colditz GA, Solomon CG, Willett WC, Rosner BA, et al. Body fat distribution and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women. *The Nurses' Health Study. Am J Epidemiol* 1997; 145(7): 614-9.
  10. Stortenbeek AJ, van den Hamer CJ. Binders of intravenously administered 65-zinc in rat liver cytoplasm. *Bioinorg Chem* 1976; 6(4): 313-27.
  11. Da Costa D, Dritsa M, Ring A, Fitzcharles MA. Mental health status and leisure-time physical activity contribute to fatigue intensity in patients with spondylarthropathy. *Arthritis Rheum* 2004; 51(6): 1004-8.
  12. Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, Castaneda-Sceppa C. Physical activity/exercise and type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2004; 27(10): 2518-39.
  13. Eves ND, Plotnikoff RC. Resistance training and type 2 diabetes: Considerations for implementation at the population level. *Diabetes Care* 2006; 29(8): 1933-41.
  14. Vickers KS, Nies MA, Patten CA, Dierkhising R, Smith SA. Patients with diabetes and depression may need additional support for exercise. *Am J Health Behav* 2006; 30(4): 353-62.
  15. Raffaelli C, Lanza M, Zanolta L, Zamparo P. Exercise intensity of head-out water-based activities (water fitness). *Eur J Appl Physiol* 2010; 109(5): 829-38.
  16. Sharifi Gh, Yazdani F, Shokravi M. Field and laboratory tests in exercise physiology. 1<sup>st</sup> ed. Isfahan: Islamic azad university khorasan branch; 2007. p. 67.
  17. Tokmakidis SP, Zois CE, Volaklis KA, Kotsa K, Touvra AM. The effects of a combined strength and aerobic exercise program on glucose control and insulin action in women with type 2 diabetes. *Eur J Appl Physiol* 2004; 92(4-5): 437-42.
  18. Misra A, Alappan NK, Vikram NK, Goel K, Gupta N, Mittal K, et al. Effect of supervised progressive resistance-exercise training protocol on insulin sensitivity, glycemia, lipids, and body composition in Asian Indians with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2008; 31(7): 1282-7.
  19. Cauza E, Hanusch-Enserer U, Strasser B, Ludvik B, Metz-Schimmerl S, Pacini G, et al. The relative benefits of endurance and strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; 86(8): 1527-33.
  20. Vashghani Farahani A, Mansournia MA, Asher H, Fotouhi A, Yunesian M, Jamali M, et al. The Effects of a 10-Week Water Aerobic Exercise on the Resting Blood Pressure in Patients with Essential Hypertension. *Asian Journal of Sports Medicine* 2010; 1(3): 159-67.
  21. Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, De Court, Shaw J, et al. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2002; 25(10): 1729-36.
  22. Cuff DJ, Meneilly GS, Martin A, Ignaszewski A, Tildesley HD, Frohlich JJ. Effective exercise modality to reduce insulin resistance in women with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2003; 26(11): 2977-82.
  23. Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS, Rosenblatt J, Wolfe RR. Substrate metabolism during different exercise intensities in endurance-trained women. *J Appl Physiol* 2000; 88(5): 1707-14.
  24. Boule NG, Kenny GP, Haddad E, Wells GA, Sigal RJ. Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia* 2003; 46(8): 1071-81.
  25. Kirk A, Mutrie N, MacIntyre P, Fisher M. Increasing physical activity in people with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2003; 26(4): 1186-92.
  26. Khan S, Rupp J. The effect of exercise conditioning, diet, and drug therapy on glycosylated hemoglobin levels in type 2 (NIDDM) diabetics. *J Sports Med Phys Fitness* 1995; 35(4): 281-8.
  27. Bweir S, Al Jarrah M, Almalty AM, Maayah M, Smirnova IV, Novikova L, et al. Resistance exercise training lowers HbA1c more than aerobic training in adults with type 2 diabetes.

- Diabetol Metab Syndr 2009; 1: 27.
28. Jarrett RJ. Cardiovascular disease and hypertension in diabetes mellitus. *Diabetes Metab Rev* 1989; 5(7): 547-58.
  29. Tanaka H, Bassett DR, Jr., Howley ET, Thompson DL, Ashraf M, Rawson FL. Swimming training lowers the resting blood pressure in individuals with hypertension. *J Hypertens* 1997; 15(6): 651-7.
  30. Adler AI, Stratton IM, Neil HA, Yudkin JS, Matthews DR, Cull CA, et al. Association of systolic blood pressure with macrovascular and microvascular complications of type 2 diabetes (UKPDS 36): prospective observational study. *BMJ* 2000; 321(7258): 412-9.
  31. Estacio RO, Jeffers BW, Gifford N, Schrier RW. Effect of blood pressure control on diabetic microvascular complications in patients with hypertension and type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2000; 23 Suppl 2: B54-B64.
  32. Schotte DE, Stunkard AJ. The effects of weight reduction on blood pressure in 301 obese patients. *Arch Intern Med* 1990; 150(8): 1701-4.
  33. Chen H, Chen YL, Huang CY, Lee CD, Chen SC, Kuo SH. Effects of One-Year Swimming Training on Blood Pressure and Insulin Sensitivity in Mild Hypertensive Young Patients. *Chinese Journal of Physiology* 2011; 33(3): 185-9.
  34. Andreazzi AE, Scomparin DX, Mesquita FP, Balbo SL, Gravena C, De Oliveira JC, et al. Swimming exercise at weaning improves glycemic control and inhibits the onset of monosodium L-glutamate-obesity in mice. *J Endocrinol* 2009; 201(3): 351-9.
  35. Mahmoud Sh, Kader AE, Abdullah Gari M. Metabolic Control Response to Weight Reduction in Obese Non-Insulin Dependent Diabetic Patients. *World Journal of Medical Sciences* 2009; 4(2): 98-103.
  36. Hashemi M, Bayat M, Azizi Saraji AR, Entezari M. The Effect of Swimming Exercise on Experimental Diabetic Myopathy in Rats. *World Journal of Zoology* 2009; 4(3): 216-22.
  37. Taguchi T, Kishikawa H, Motoshima H, Sakai K, Nishiyama T, Yoshizato K, et al. Involvement of bradykinin in acute exercise-induced increase of glucose uptake and GLUT-4 translocation in skeletal muscle: studies in normal and diabetic humans and rats. *Metabolism* 2000; 49(7): 920-30.
  38. Zhang QJ, Li QX, Zhang HF, Zhang KR, Guo WY, Wang HC, et al. Swim training sensitizes myocardial response to insulin: role of Akt-dependent eNOS activation. *Cardiovasc Res* 2007; 75(2): 369-80.
  39. Ersoy C, Imamoglu S, Budak F, Tuncel E, Erturk E, Oral B. Effect of amlodipine on insulin resistance & tumor necrosis factor-alpha levels in hypertensive obese type 2 diabetic patients. *Indian J Med Res* 2004; 120(5): 481-8.
  40. Shenoy S, Arora E, Jaspal S. Effects of progressive resistance training and aerobic exercise on type 2 diabetics in Indian population. *Int J Diabetes & Metabolism* 2009; 17: 27-30.

## The Effects of Eight-week Aquatic Training on Selected Physiological Factors and Blood Sugar in Patients with Type II Diabetes

Nasser Rahimi MSc<sup>1</sup>, Sayyed Mohammad Marandi PhD<sup>2</sup>, Mehdi Kargarfard PhD<sup>2</sup>

### Abstract

**Background:** Although the role of physical activities in control and recovery of diabetes type II and increasing insulin sensitivity was always considered, doing sport activities in water is well-documented. So, the goal of present research was to test the effect of eight-week aquatic training on selected physiological factors and blood sugar of patients who suffer from type II diabetes.

**Methods:** In this semi-experimental research, 30 men with type II diabetes in Khomeinishahr township, Iran, were put in two groups of intervention (15 patients) and control (15 patients). The intervention was an eight-week aquatic training (3 sessions in week, each session 45-60 minutes and with intensity of 60-80 percent of maximum heart rate). Whereas the control group had no regular or systematic physical activity. Weight, body mass index (BMI), maximum consuming oxygen, systolic and diastolic blood pressure, fasting blood sugar and also glycated hemoglobin were measured before and after the intervention in both groups. These data was analyzed by ANCOVA test.

**Findings:** A significant difference was observed in maximum oxygen consumption, systolic and diastolic blood pressure, fasting blood sugar and glycated hemoglobin between intervention and control groups, whereas this difference in weight and BMI in the two groups was not significant ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion:** The findings of this research indicate that an aquatic training program causes a significant improvement in blood sugar of patients with type II diabetes.

**Keywords:** Type II diabetes, Selected physiological factors, Aquatic training, Blood sugar.

<sup>1</sup> Department of Exercise Physiology, School of Physical Education and Sport Sciences, The University of Isfahan, Isfahan, Iran.

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Exercise Physiology, School of Physical Education and Sport Sciences, The University of Isfahan, Isfahan, Iran.

**Corresponding Author:** Nasser Rahimi MSc, Email: nasserrahimi65@yahoo.com